

Patent Number: DE19919893
 Publication date: 2000-11-09
 Inventor(s): JUNKER ERWIN (DE)
 Applicant(s): JUNKER ERWIN MASCHF GMBH (DE)
 Requested Patent: DE19919893
 Application Number: DE19991019893 19990430
 Priority Number(s): DE19991019893 19990430
 IPC Classification: B24B5/42
 EC Classification: B24B5/42
 Equivalents: AU4554600, CZ20013878, EP1181132 (WO0066323), B1, ES2198307T, JP2002542955T, WO0066323

Abstract

The present invention relates to a method for grinding a centrally clamped crankshaft (1). The invention also relates to a grinding machine (43) for crankshafts for carrying out said method and a crankshaft (1) consisting of high-alloy steel or cast. According to the inventive method, lifting bearings (12) and main bearings (11) of the crankshaft (1) are ground in a clamping in such a way that at least the main bearings (11) are rough-ground and subsequently the lifting bearings (12) and then the main bearings (11) are finish-ground. The grinding machine (43) for crankshafts forms a working centre by means of which corresponding rough-grinding and finish-grinding are possible in one single clamping.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Description

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle sowie eine Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens.

Das Schleifen von Kurbelwellen erfolgt in bekannten Verfahren in mehreren Stufen auf unterschiedlichen Maschinen in mehreren Arbeitsgängen auf speziell dafür ausgerüsteten Schleifmaschinen. Ein anderes Verfahren sowie eine entsprechende Vorrichtung sind aus der DE 43 27 807 bekannt. Dort wird eine Kurbelwelle mit axialem Zug zwischen Aufnahmespitzen eines Werkstückspindel- und Reitstockes einer Schleifmaschine eingespannt. In dieser Aufspannung werden alle Lager, Hublager, Flansche, Zapfen und Stirnflächen der Kurbelwelle fertiggeschliffen. Eingesetzt werden dabei mindestens zwei entsprechend konturierte Schleifscheiben.

Damit ist aus dem Stand der Technik bekannt, dass zum einen die Kurbelwelle in mehreren Bearbeitungsstufen auf mehreren Schleifmaschinen hergestellt oder in einer Aufspannung fertiggeschliffen wird.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Schleifen von Kurbelwellen und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit welchen Mass-, Form- und Bearbeitungstoleranzen der Kurbelwelle verbessert werden sowie die Bearbeitungszeit reduziert wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle mit den Merkmalen des Anspruchs 1, mit einer Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 12 sowie durch eine Kurbelwelle aus hochlegiertem Stahl oder Gusswerkstoff mit den Merkmalen des Anspruchs 19 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Ein erfindungsgemässes Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle sieht vor, dass deren Hublager und Hauptlager in einer Aufspannung derart geschliffen werden, dass zunächst zumindest die Hauptlager vorgeschliffen und anschliessend die Hublager und danach die Hauptlager fertiggeschliffen werden. Nach einer beispielsweise spanenden Vorbearbeitung wird somit zur Erreichung einer geforderten Qualität in bezug auf vorgegebene Mass-, Form- und Lagetoleranzen die Kurbelwelle für mehrere Bearbeitungsstufen in einer Aufspannung vom Vorschleifen bis zum anschliessenden Fertigschleifen auf Fertigmass belassen. Zum einen wird auf diese Weise Zeit eingespart, die ansonsten zum Umrüsten der Maschine bzw. zum Ein- und Wiederausspannen der Kurbelwelle benötigt werden würde. Zum anderen gelingt es durch die beanspruchte Vorgehensweise des Schleifens, dass die während des Schleifens der Lager frei werdenden Spannungen im Material soweit kompensiert werden, dass nach der Bearbeitung ein Verzug der Kurbelwelle eliminiert ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass neben den Hauptlagern auch die Hublager vorgeschliffen werden. Vorteilhafterweise erfolgt das Vorschleifen der Hublager nach dem Vorschleifen der Hauptlager. Da Lagerstellen verschiedener Kurbelwellen zumeist unterschiedliche Formen aufweisen, wie beispielsweise mit seitlichen Radien oder Einstichen, gelingt es durch ein Vorschleifen der Kurbelwelle, wie oben aufgezeigt, den aus freiwerdenden Spannungen in der Kurbelwelle resultierenden Verzug am Fertigprodukt zu vermeiden. Beim Vor- wie Fertigschleifen können dabei die Planseiten mitgeschliffen werden, ohne dass nach dem Fertigschleifen die gewünschten Toleranzwerte überschritten werden.

Als besonders bevorzugtes Einsatzgebiet des Verfahrens sowie der Kurbelwellen- Schleifmaschine hat sich die Herstellung von Kurbelwellen aus vergütetem Stahl erwiesen. Bei einer vorhergehenden Wärmebehandlung besteht bei diesen eine besonders grosse Gefahr, dass sich aufgrund von während des Schleifvorganges freiwerdenden Spannungen im Werkstück die Kurbelwelle verzieht. Durch die beanspruchte Vorgehensweise wird dieser Verzug beim Fertigschleifen wieder eliminiert.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit einer einzigen Schleifscheibe erfolgt. Ein weiteres Verfahren sieht vor, dass das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit jeweils einer Schleifscheibe erfolgt. Dagegen erlaubt es die Verwendung einer Schleifscheibe zum Vorschleifen und einer Schleifscheibe zum Fertigschleifen, unterschiedliche Schleifscheibenspezifikationen und -abmessungen für die jeweils unterschiedliche Bearbeitung ausnutzen zu können. Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Hauptlager und die Hublager mit jeweils einer Schleifscheibe vor- und fertiggeschliffen werden. Hublager wie Hauptlager können unterschiedliche Bearbeitungstoleranzen aufweisen. Durch eine entsprechende Zuordnung von einer Schleifscheibe zu einer zu bearbeitenden Art von Lagern der Kurbelwelle ist es möglich, eine entsprechende Abstimmung der verwendeten Schleifscheibenspezifikation vornehmen zu können.

Es ist vorteilhaft, wenn mit einer CBN-Schleifscheibe geschliffen wird. Zum einen erlaubt diese hohe Schnittgeschwindigkeiten, zum anderen weist diese Scheibe nur einen geringen Verschleiss auf. Die Standzeit der Schleifscheibe und damit die Summe der möglichen Eingriffszeit erhöht sich damit beträchtlich. Weiterhin gestattet die CBN-Schleifscheibe, höchste Toleranzvorgaben einhalten zu können. Anstatt CBN-Schleifscheiben können aber auch Korundschleifscheiben zum Einsatz kommen.

Besonders gute Ergebnisse bezüglich einer Verbesserung von Toleranzen haben sich ergeben, wenn man eine CBN-Schleifscheibe mit einer Schnittgeschwindigkeit zwischen 40 m/sec und 140 m/sec, vorzugsweise zwischen 80 m/sec bis 120 m/sec einstellt und bei galvanischen CBN-Scheiben zwischen 80 m/sec und 200 m/sec, vorzugsweise zwischen 100 m/sec bis 140 m/sec. Desweiteren lassen sich auch Korundschleifscheiben in einem Bereich von vorzugsweise 35 m/sec bis 100 m/sec, insbesondere 45 m/sec bis 70 m/sec einsetzen. Diese Werte können leicht nach oben wie auch nach unten abweichen, zum Beispiel in Abhängigkeit von den Abmessungen der Kurbelwelle sowie der an dieser zu bearbeitenden Geometrien, von der genauen Zusammensetzung der Schleifscheibe, von der geforderten Oberflächengüte etc.

Bei längeren Kurbelwellen tritt das Problem auf, dass bei der Bearbeitung die Kurbelwelle zum Schwingen neigt. Gemäss einer Weiterbildung des Verfahrens wird daher zur Unterdrückung von Schwingungen und zur Abstützung der Kurbelwelle gegen Biegung durch die Bearbeitungskräfte beim Vorschleifen der Hauptlager zumindest ein Hauptlager als Lünnettensitz geschliffen. Auf diese Weise wird der nicht gelagerte Bereich der Kurbelwelle verkürzt. Weiterhin gestattet die Verwendung der Lünnette ein Durchbiegen aufgrund des Eigengewichtes der Kurbelwelle in Verbindung mit der Rotation bei der Bearbeitung zu verhindern.

Insbesondere lange Kurbelwellen sind in einem Stück mit hohen Genauigkeitsanforderungen nach obigem Verfahren herstellbar, wie sie beispielsweise für PKW- und LKW-Motoren mit einer Länge von über 300 Millimeter benötigt werden. Andererseits eignet sich das obige Verfahren ebenso zur Herstellung von Kurbelwellen für beispielsweise Kleinmotoren, die eine Länge vom 100 Millimeter und mehr aufweisen.

Weiterhin stellt die Erfindung eine Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einem Reitstock und einem Werkstückspindelstock zur Verfügung. Zwischen dem Reitstock und dem Werkstückspindelstock ist eine Kurbelwelle mit Hauptlagern und Hublagern zentrisch einspannbar. Weiterhin hat die Schleifmaschine zumindest einen Schleifspindelstock und zumindest eine Schleifscheibe. Die Schleifmaschine bildet ein Bearbeitungszentrum, mittels welchem in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager der Kurbelwelle vorschleifbar und danach deren Hublager und anschliessend deren Hauptlager mit der zumindest einen Schleifscheibe fertiggeschleifbar sind.

Die Kurbelwellen-Schleifmaschine ist deswegen ein Bearbeitungszentrum, da die Kurbelwelle zum Vor- und Fertigschleifen nicht aus- und in eine andere Maschine eingespannt werden muss. Zum anderen stellt die Kurbelwellen-Schleifmaschine die für das Vor- und Fertigschleifen notwendigen Arbeitsmittel zur Verfügung. Weitere, von dem Bearbeitungszentrum getrennt vorhandene Arbeitsmittel werden nicht benötigt. Vorzugsweise wird als Schleifscheibe eine CBN-Scheibe eingesetzt. Diese erlaubt, mit hoher Qualitätsgenauigkeit geringe Bearbeitungszeiten zu ermöglichen.

Eine Weiterbildung der Kurbelwellen-Schleifmaschine sieht vor, dass an dem Schleifspindelstock eine erste und eine zweite Schleifscheibe angeordnet sind, wobei die Kurbelwelle mittels der ersten Schleifscheibe vorschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe fertiggeschleifbar ist. Auf diese Weise gestattet die Kurbelwellen-Schleifmaschine, dass zum einen verschiedene Schleifscheiben eingesetzt werden, zum anderen auch mit unterschiedlicher Schnitt- wie auch Verfahrensgeschwindigkeiten angepasst an die jeweilige Schleifscheibe die Kurbelwelle herstellbar ist. Vorzugsweise ist die Kurbelwellen-Schleifmaschine so konstruiert, dass mittels der ersten Schleifscheibe die Hauptlager vor- und fertiggeschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe die Hublager vor- und fertiggeschleifbar sind. Auf diese Weise kann je nach geforderter Toleranzbreite die verwendete Schleifscheibe und deren Bearbeitungsvorgang genau abgestimmt werden. Dieses erlaubt, hohe Standzeiten der verwendeten Schleifscheiben bei hoher Bearbeitungsqualität zu erzielen.

Eine weitere Ausgestaltung der Kurbelwellen-Schleifmaschine sieht vor, dass zumindest zwei Spindelstöcke mit zumindest jeweils einer Schleifscheibe vorgesehen sind, wobei die Kurbelwelle mit beiden Schleifscheiben vor- und fertiggeschleifbar ist. Eine Weiterbildung dieser Ausgestaltung sieht vor, dass zwei Spindelstöcke auf einer Seite der Schleifmaschine und ein weiterer Spindelstock auf der dieser Seite gegenüberliegenden Seite der Schleifmaschine angeordnet sind und jeweils zumindest eine Schleifscheibe tragen. Dieses gestattet den gleichzeitigen Eingriff von verschiedenen Seiten an der Kurbelwelle. Dadurch lässt sich die Bearbeitungszeit weiter verkürzen. Je nach Länge der zu bearbeitenden Kurbelwelle ist die Kurbelwellen-Schleifmaschine auch entsprechend um weitere Spindelstöcke erweiterbar. Das Bearbeitungszentrum ist dafür modular aufgebaut, so dass an verschiedene Kurbelwellen angepasst, die zum Einsatz kommenden Vorrichtungen wie Werkstückspindelstock, Reitstock, Schleifspindelstock etc. ausgewählt und eingebaut werden können.

Bei der Bearbeitung kann aufgrund des Eingriffes von einer oder mehr Schleifscheiben an der Kurbelwelle über deren Länge Torsion auftreten. Diese führt zu einer Lageabweichung von Teilen der Kurbelwellen während der Bearbeitung, was die Qualität der Bearbeitung vermindert. Es hat sich herausgestellt, dass diese zwar geringen, aber für das zu erzielende Fertigmass sich doch erheblich auswirkenden Torsionskräfte darüber kompensierbar sind, dass der Reitstock einen Antrieb aufweist, welcher elektrisch mit einem Antrieb des Werkstückspindelstockes so gekoppelt ist, dass beide Antriebe synchron laufen. Auftretende Schnittkräfte an der Kurbelwelle werden so aufgefangen, und eine Torsion über die Länge der Kurbelwelle vermieden.

Hohe Qualitätsanforderungen sind für eine Kurbelwelle aus Guss oder hochlegiertem Stahl bei Herstellung in dem Bearbeitungszentrum erreichbar, bei welcher in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager vor- und danach die Hublager und die Hauptlager fertiggeschliffen sind. Dies ist insbesondere bei einer Länge von mindestens 100 Millimeter, insbesondere mindestens 300 Millimeter der Kurbelwelle aufgrund der erzielten Toleranzgüten feststellbar. Eine Kurbelwelle, die in dieser Art hergestellt worden ist, weist insbesondere maximale Rundlauf toleranzen für die Hauptlager auf, die 0,01 mm und weniger betragen.

Das oben angesprochene Vorschleifen durch die Kurbelwellen-Schleifmaschine ist in zwei Varianten möglich:

1. Vorschleifen vom Rohteil auf ein Zwischenmass zum Fertigschleifen, vorzugsweise mit einer galvanisch belegten CBN-Schleifscheibe und
2. Vorschleifen nach zuvor erfolgter spanender Bearbeitung am Lager auf ein Zwischenmass und anschliessendem Fertigschleifen, wobei vorzugsweise eine keramisch gebundene CBN-Schleifscheibe eingesetzt wird.

Für das folgende, in der Zeichnungsbeschreibung beschriebene Bearbeitungsbeispiel wird das Vorschleifen wie unter Punkt 2 beschrieben, angewendet. Es kann jedoch durch unterschiedliche Kombination der Schleifscheiben- und

Schleifscheibenanordnungen ebenfalls ein Vorschleifen, wie unter Punkt 1 aufgezeigt, verwirklicht werden. Nach dem Vorschleifen gemäss der Punkte 1, 2 wird die Kurbelwelle gemäss dem oben beschriebenen Verfahren fertiggeschliffen.

Die folgende Zeichnung zeigt die Erfindung anhand eines Beispiels und erläutert diese sowie weitere, vorteilhafte Merkmale, die mit den bisher schon erwähnten kombiniert werden können. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung einer eingespannten Kurbelwelle zur Verdeutlichung der Problematik der Erzielung hoher Qualität,

Fig. 2 ein Hauptlager mit seitlichen Einstichen gemäss Ausschnitt Y aus Fig. 1,

Fig. 3 ein Hublager mit seitlichen Radien und geschliffenen Flanken gemäss Ausschnitt W aus Fig. 1,

Fig. 4 einen Querschnitt einer ersten Lagerstelle,

Fig. 5 einen Querschnitt einer zweiten Lagerstelle,

Fig. 6 eine vereinfachte Draufsicht auf eine erste Kurbelwellen-Schleifmaschine,

Fig. 7 eine Ausgestaltung eines Schleifspindelstockes und

Fig. 8 eine vereinfachte Draufsicht auf eine zweite Kurbelwellen- Schleifmaschine.

Fig. 1 zeigt eine Darstellung einer eingespannten Kurbelwelle 1. Diese ist in einem Spannfutter 2 eingespannt, welches auf einer Werkstückspindel 3 eines nicht näher dargestellten Werkstückspindelstockes aufgeflanscht ist. Im Zentrum des Spannfutters 2 befindet sich eine erste Spitze 4, auf der die Kurbelwelle 1 zentrisch ausgerichtet ist. Eine Radialmitnahme der Kurbelwelle 1 erfolgt durch Spannbacken 5 des Spannfutters 2, welche auf einem Aussenumfang eines Flansches 6 der Kurbelwelle 1 spannen. Ein anderes Wellenende der Kurbelwelle 1 ist durch eine zweite Spitze 7 eines Reitstockes 9 abgestützt. Die zweite Spitze 7 des Reitstockes 9 ist auf einer axial verschiebbaren Pinole 8 aufgesetzt. Der Reitstock 9 kann auch, wie hier allerdings nicht dargestellt, anstatt mit einer zweiten Spitze 7 mit einem weiteren Spannfutter wie am Werkstückspindelstock ausgestattet sein. Die Spannbacken dieses Spannfutters spannen dann auf einem Zapfenende 21 der Kurbelwelle 1. Die Kurbelwelle 1 kann unter leichtem Druck, drucklos oder auch unter axialem Zug eingespannt sein. Ein Antrieb der Kurbelwelle 1 erfolgt gemäss der in Fig. 1 dargestellten Ausführung in der Art, dass die Kurbelwelle 1 um ein Hauptlager 11 zentrisch umlaufend durch die Werkstückspindel 3 mit dem Spannfutter 2 angetrieben wird. Der Antrieb ist als CNC-Achse ausgeführt, vgl. Pfeil C1. In einer erweiterten Ausführung kann auch der Reitstock 9 anstatt nur mit einer zweiten Spitze 7 mit einer angetriebenen Reitstockpinole (CNC-Achse C2) ausgestattet sein. Des weiteren ist eine Schleifspindel 30 mit einer Schleifscheibe 31 dargestellt. Die Schleifspindel 30 wird von einem nicht näher dargestellten Schleifspindelstockgehäuse aufgenommen, das in Richtung der Achse X mittels einer CNC-Achse verfahrbar ist. Der Werkstückspindelstock mit dem Spannfutter 2 und der Reitstock 9 sind auf einem nicht näher dargestellten Schleiftisch montiert, der in Richtung einer Z- Achse verfahrbar ist. Die Kurbelwelle 1 ist derart eingespannt, dass deren Mittelachse 13 exakt mit den Mittelachsen der Werkstückspindel 3 und der Reitstockpinole 8 fluchtet. Eine Abstützung der Kurbelwelle 1 erfolgt beispielsweise mittels einer Lünette 10, die auf dem Schleiftisch aufgebaut ist. Die Lünette 10 kann in axialer Richtung an einem vorbestimmten Hauptlager 11 angesetzt werden. Das Schleifen der Kurbelwelle 1 ist mit unterschiedlichen Varianten von Schleifspindelanordnungen ausführbar, so dass unterschiedliche Kurbelwellen-Schleifmaschinen-Aufbauvarianten möglich sind. Einige Varianten gehen aus den nachfolgenden Fig. 6 bis 8 hervor.

Wie in Fig. 1 dargestellt, greift die Schleifscheibe 31 an der Kurbelwelle 1 ein. Besonders bei hochlegiertem Stahl, beispielsweise mit entsprechendem Anteil von Chrom, Molybdän und Vanadium oder auch einer entsprechenden Gussqualität, beispielsweise GGG 60/70/80, besteht die Gefahr, dass aufgrund der Bearbeitung ein Verzug an der Kurbelwelle 1 über ihre Länge auftritt. Dabei sind Abweichungen von bis zu 0,4 mm gemessen worden. Dementsprechend ist es nicht möglich gewesen, bei hochwertigen Werkstoffen, die bei der Bearbeitung äusserst verzugsanfällig sind, die geforderten hohe Qualitäten bezüglich vorgegebener Toleranzen einhalten zu können. Dadurch, dass nun zumindest die Hauptlager vor- und danach die Hublager und die Hauptlager fertiggeschliffen werden, sind die bei der Bearbeitung durch die freiwerdenden Spannungen so eliminierbar, dass der auftretende Verzug im nachfolgenden Arbeitsgang eliminiert wird und beispielsweise sogar Rundlauftoleranzen von 0,01 mm und weniger an den Hauptlagern eingehalten werden können. Die Rundlauftoleranz wird dabei vorzugsweise zwischen dem ersten und dem letzten Hauptlager gemessen. Sofern nur zwei Hauptlager vorhanden sind, wird die Rundlauftoleranz vorzugsweise durch Messung zwischen den beiden Spitzen ermittelt. Die Einhaltung einer maximalen Rundlauftoleranz ist insbesondere daher wichtig, da aufgrund der Lagerung im Motor dort nur kleine Toleranzen zulässig sind. Toleranzen am Hublager in Bezug auf die Hubhöhe können jedoch gegebenenfalls grösser ausfallen, da diese im Motor lediglich die Lage des oberen Totpunktes und des unteren Totpunktes bestimmen.

Bei der Auswahl des Materials der Kurbelwelle ist weiterhin zu beachten, dass unter anderem davon wie auch von dem Härteverfahren der Kurbelwelle es abhängig ist, ob das Vor- und Fertigschleifen der Hublager in einem einzigen Arbeitsschritt erfolgt. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere bei Gusswellen geringere Spannungen und daraus resultierender Verzug auftreten.

Fig. 2 zeigt ein Hauptlager 11 mit seitlichen Einstichen gemäss eines Ausschnittes Y aus Fig. 1. Dargestellt wird anhand des Hauptlagers 11 der Kurbelwelle 1, wie mit dem Verfahren bzw. der Kurbelwellen-Schleifmaschine auch bisher schon bekannte Konturen erzielt werden können. Die seitlichen Einstiche rühren von der spanenden Vorbearbeitung. Ein Rohmass der Kurbelwelle 1 wird durch eine strichpunktierte Linie 203 dargestellt. Beim Vorschleifen mit einer Schleifscheibe 104, die einen Schleifbelag 205 aufweist, wird auf ein Vormass 202 vorgeschliffen. Das Vormass 202 ist im Durchmesser grösser als das zu erzielende Fertigmass. Dieses ist mit einer Kontur 201 für das Hauptlager 11 eingezeichnet.

Die beiden Planseiten 206 des Hauptlagers 11 der Kurbelwelle 1 werden bei diesem Anwendungsbeispiel nicht mitgeschliffen.

Fig. 3 zeigt ein Hublager 12 mit seitlichen Radien und geschliffenen Flanken gemäss Ausschnitt W aus Fig. 1. Das Hublager 12 weist seitliche Radien auf, die ebenso wie eine niedrige Planschulter vorgeschliffen werden. Beim Fertigschleifen wird der Radius nicht mehr komplett mitgeschliffen, da er nicht in der Lagerschale des Motorgehäuses bei eingebauter Kurbelwelle 1 anliegt. Die in den Fig. 2 und 3 dargestellten Lager können gleicherweise auch umgekehrt für ein Hublager bzw. Hauptlager ausgeführt werden.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt einer Lagerstelle der Kurbelwelle 1. Dieses ist vorzugsweise ein Hublager, wobei die Lagerstelle komplett mit den seitlichen Radien und den dazugehörigen Planseiten geschliffen wird.

Fig. 5 zeigt einen weiteren Querschnitt einer Lagerstelle. Eine strichpunktierte Mittellinie stellt eine Mantellinie eines Zylinders dar. Dazu um wenige Mikrometer verschoben, weist die Lagerauflfläche eine ballige Form auf, angedeutet durch die gestrichelte Linie. Die durchgezogene Linie zeigt eine entgegengesetzte Form der Lagerauflfläche. Diese weist in ihrem maximalen Abstand zur Mittellinie der Mantellinie ebenfalls nur einige wenige Mikrometer auf. Eine derartige konvexe bzw. konkave Form ist über eine entsprechende Abrichtung des entsprechend des oben dargestellten Verfahrens eingesetzten Schleifscheibe herstellbar.

Um bestmögliche Ergebnisse in bezug auf die Qualität zu erreichen, sind mehrere Varianten gemäss des Verfahrens zum Schleifen der Haupt- und Hublager möglich: beispielsweise werden zuerst alle Hauptlager inklusive dem Lünnettensitz vorgeschliffen. Anschliessend werden mit der gleichen oder einer zweiten Schleifscheibe die Hublager vorgeschliffen. Nach dem Vorschleifen der Hublager werden diese dann auf Fertigmass fertiggeschliffen und anschliessend die Hauptlager fertiggeschliffen. Das Vor- und Fertigschleifen der Hublager kann je nach Kurbelwellentyp auch in einem Arbeitsgang erfolgen. Allen Varianten gemein ist es, dass unabhängig von der jeweils gewählten Kurbelwellen-Schleifmaschine alle Haupt- und Hublager der Kurbelwelle in einer Aufspannung auf Vor- bzw. Fertigmass bearbeitet werden.

Fig. 6 zeigt eine vereinfachte Draufsicht auf eine erste Kurbelwellen-Schleifmaschine 43. Auf einem Maschinenbett sind auf einem nicht dargestellten Schleiftisch ein Werkstückspindelstock 40 und der Reitstock 9 montiert. Der Schleiftisch ist in sich bekannter Weise in Richtung der CNC-Achse z verfahrbar. Ein Schleifspindelstock 42 dient zur Aufnahme einer Schleifspindel 30, die eine Schleifscheibe aufnimmt. Der Schleifspindelstock 42 ist auf einer Führung, die in Richtung der x-Achse verfahrbar ist, angeordnet. Die CNC-Achsrichtungen X und Z sind vorzugsweise rechtwinklig zueinander angeordnet. Das dargestellte Bearbeitungszentrum ermöglicht, dass eine einmal aufgespannte Kurbelwelle 1 gemäss dem oben beschriebenen Verfahren vor- und fertiggeschliffen wird, ohne dass ein Umspannen notwendig ist. Dadurch gelingt die Einhaltung auch geringer Toleranzfelder.

Fig. 7 zeigt eine Ausgestaltung eines Schleifspindelstockes 36. Der Schleifspindelstock 36 hat eine erste Schleifspindel I und eine zweite Schleifspindel II. Diese sind in einem Schleifspindelstockgehäuse aufgenommen und können dadurch in einer horizontalen Richtung verschwenkt werden. Zum einen gestattet dies, dass wahlweise die erste Schleifspindel I oder die zweite Schleifspindel II eingesetzt wird. Zum anderen erlaubt dies auch, dass eine erste Spindel 32 gegenüber einer zweiten Spindel 34 unterschiedlich ausgeführt sein kann. Beispielsweise sind damit unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche konstruktiv vorgebar. Weiterhin erlaubt der Schleifspindelstock 36, dass unterschiedliche Schleifscheiben eingesetzt werden können. Beispielsweise kann eine erste Schleifscheibe 33 eine Korundscheibe sein, während eine zweite Schleifscheibe 35 eine CBN-Scheibe ist. Ebenfalls gestattet die Konstruktion des Schleifspindelstockes 36, dass unterschiedliche Durchmesser von Schleifscheiben an einem Schleifspindelstock

verwendet werden. Bei entsprechender räumlicher Aufteilung der Konstruktion erlaubt es der Schleifspindelstock 36 auch, dass eine Schleifscheibe sich im Eingriff an der Kurbelwelle befindet, während die andere Schleifscheibe frei ist. Dazu ist der Schleifspindelstock 36 horizontal verschwenkbar. Neben unterschiedlichen Abmessungen bzw. unterschiedlichen Materialien können die Schleifscheiben sich ausserdem auch bezüglich ihrer zu erzielenden Qualität unterscheiden. So kann die eine eine Schrupscheibe sein, während die andere ein Schlichtscheibe ist.

Fig. 8 zeigt eine zweite Kurbelwellen-Schleifmaschine 44. Diese verwirklicht ein Maschinenkonzept, bei dem das Bearbeitungszentrum zwei Schleifspindelstöcke aufweist. Jeder Schleifspindelstock hat voneinander unabhängige CNC-Achsen X und Z. Das bedeutet, die jeweilige Schleifscheibe eines Schleifspindelstockes kann unabhängig von der anderen an einer unterschiedlichen Lagerstelle der Kurbelwelle gemäss eines CNC-Programmes eingesetzt werden. Dieses Maschinenkonzept ist um weitere Schleifspindelstöcke erweiterbar. Insbesondere zur Raumausnutzung ist es vorteilhaft, wenn den beiden Schleifspindelstöcken beispielsweise von beiden gegenüber entgegengesetzt ein zusätzlicher Schleifspindelstock angeordnet wird. Eine derartige Anordnung bei gleichzeitigem Eingriff hat den Vorteil, dass an der Kurbelwelle entgegengesetzt angreifende Kräfte sich gegenseitig aufheben. Die räumliche Ausgestaltung des Bearbeitungszentrums ist auch so nutzbar, dass einem Schleifspindelstock auf einer Seite der Kurbelwelle ein Schleifspindelstock auf einer entgegengesetzten Seite der Kurbelwelle direkt gegenüberliegt.

Bezugszeichenliste

- 1 Kurbelwelle
- 2 Spannfutter
- 3 Werkzeugspindel
- 4 erste Spitze
- 5 Spannbacken
- 6 Flansch
- 7 zweite Spitze
- 8 Pinole
- 9 Reitstock
- 10 Lünette
- 11 Hauptlager
- 12 Hublager
- 13 Mittelachse
- 21 Zapfenende
- 30 Schleifspindel
- 31 Schleifscheibe
- 32 erste Spindel
- 33 erste Schleifscheibe
- 34 zweite Spindel
- 35 zweite Schleifscheibe
- 36 Schleifspindelstock
- 40 Werkstückspindelstock
- 41 Maschinenbett
- 42 Schleifspindelstock
- 43 erste Kurbelwellen-Schleifmaschine
- 44 zweite Kurbelwellen-Schleifmaschine
- 201 Kontur
- 202 Vormass
- 203 Rohmass
- 204 Schleifscheibe
- 205 Schleitbelag
- 206 Planseite
- I erste Schleifspindel
- II zweite Schleifspindel
- C1 Antrieb der CNC-Achse der Werkzeugspindel
- C2 Antrieb der CNC-Achse der Reitstockpinole
- X CNC-Achse
- Z CNC-Achse

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Claims

1. Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle (1) (1), deren Hublager (12) und Hauptlager (11) in einer Aufspannung derart geschliffen werden, dass zunächst zumindest die Hauptlager (11) vorgeschliffen und anschliessend die Hublager (12) und danach die Hauptlager (11) fertiggeschliffen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem auch die Hublager (12) vorgeschliffen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem die Hublager (12) nach dem Vorschleifen der Hauptlager (11) vorgeschliffen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit einer einzigen Schleifscheibe (31; 204) erfolgen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit jeweils einer Schleifscheibe (31; 204) erfolgen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem zumindest die Hauptlager (11) und die Hublager (12) mit jeweils einer Schleifscheibe (31; 204) vor- und fertiggeschliffen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei welchem mit einer Korund- Scheibe geschliffen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei welchem mit einer CBN-Scheibe geschliffen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem die Schnittgeschwindigkeit der Korund-Scheibe im Bereich von 35 m/sec bis 100 m/sec, vorzugsweise 45 m/sec bis 100 m/sec, insbesondere 45 m/sec bis 70 m/sec liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die Schnittgeschwindigkeit für keramische CBN-Scheiben bei 40 m/sec bis 140 m/sec, insbesondere 80 m/sec bis 120 m/sec, und bei galvanischen CBN-Scheiben bei 80 m/sec bis 200 m/sec, insbesondere 100 m/sec bis 140 m/sec liegt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei welchem beim Vorschleifen der Hauptlager (11) zumindest ein Hauptlager (11) als Lünettensitz (10) geschliffen wird.
12. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einem Reitstock (9) und einem Werkstückspindelstock (40), zwischen welchen eine Kurbelwelle (1) mit Hauptlagern (11) und Hublagern (12) zentrisch einspannbar ist, mit zumindest einem Schleifspindelstock (36) und zumindest einer Schleifscheibe (31; 204), dadurch gekennzeichnet, dass die Schleifmaschine (43; 44) ein Bearbeitungszentrum bildet, mittels welchem in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager (11) der Kurbelwelle (1) vorschleifbar und danach deren Hublager (12) und anschliessend deren Hauptlager (11) mit der zumindest einen Schleifscheibe (31; 204) fertiggeschleifbar sind.
13. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schleifscheibe (31; 204) eine CBN-Scheibe ist.
14. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Schleifspindelstock (36) eine erste (33) und eine zweite Schleifscheibe (35) angeordnet sind, wobei die Kurbelwelle (1) mittels der ersten Schleifscheibe (33) vorschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe (35) fertiggeschleifbar ist.
15. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der ersten Schleifscheibe (33) die Hauptlager (11) vor- und fertiggeschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe (35) die Hublager (12) vor- und fertiggeschleifbar sind.
16. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Spindelstöcke mit zumindest jeweils einer Schleifscheibe vorgesehen sind, wobei die Kurbelwelle (1) mit der einen der Schleifscheiben vorschleifbar und mit der anderen der Schleifscheiben fertiggeschleifbar ist.
17. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Spindelstöcke auf einer

Seite der Schleifmaschine und ein weiterer Spindelstock auf der dieser Seite gegenüberliegenden Seite der Schleifmaschine angeordnet sind und jeweils zumindest eine Schleifscheibe tragen.

18. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Reitstock (9) einen Antrieb (C2) aufweist, welcher elektrisch mit einem Antrieb (C1) des Werkstückspindelstockes (40) so gekoppelt ist, dass beide Antriebe (C1, C2) synchron laufen.

19. Kurbelwelle (1) aus hochlegiertem Stahl oder Gusswerkstoff, bei welcher in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager (11) vor- und danach die Hublager (12) und die Hauptlager (11) fertiggeschliffen sind.

20. Kurbelwelle (1) nach Anspruch 19, welche eine Länge von mindestens 100 mm aufweist.

21. Kurbelwelle (1) nach Anspruch 19 oder 20, bei welcher die Hauptlager (11) eine maximale Rundlauf toleranz von 0,01 mm aufweisen.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 19 893 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 24 B 5/42

②① Aktenzeichen: 199 19 893.4
②② Anmeldetag: 30. 4. 1999
②③ Offenlegungstag: 9. 11. 2000

DE 199 19 893 A 1

⑦① Anmelder:
Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH, 77787
Nordrach, DE

⑦④ Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbrück, 81679
München

⑦② Erfinder:
Junker, Erwin, 77815 Bühl, DE

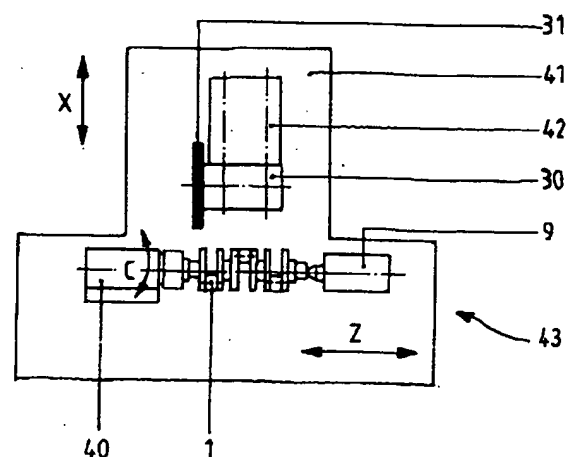
⑤⑤ Entgegenhaltungen:
DE 43 27 807 C2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vor- und Fertigschleifen einer Kurbelwelle in einer Aufspannung

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle (1), eine Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens sowie eine Kurbelwelle aus hochlegiertem Stahl oder Guß. Das Verfahren sieht vor, daß Hublager und Hauptlager der Kurbelwelle (1) in einer Aufspannung derart geschliffen werden, daß zunächst zumindest die Hauptlager vorgeschliffen und anschließend die Hublager und danach die Hauptlager fertiggeschliffen werden. Die Kurbelwellen-Schleifmaschine bildet ein Bearbeitungszentrum, mittels welchem in einer einzigen Aufspannung ein entsprechendes Vorschleifen und Fertigschleifen möglich ist.



DE 199 19 893 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle sowie eine Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens.

Das Schleifen von Kurbelwellen erfolgt in bekannten Verfahren in mehreren Stufen auf unterschiedlichen Maschinen in mehreren Arbeitsgängen auf speziell dafür ausgerüsteten Schleifmaschinen. Ein anderes Verfahren sowie eine entsprechende Vorrichtung sind aus der DE 43 27 807 bekannt. Dort wird eine Kurbelwelle mit axialem Zug zwischen Aufnahmespitzen eines Werkstückspindel- und Reitstockes einer Schleifmaschine eingespannt. In dieser Aufspannung werden alle Lager, Hublager, Flansche, Zapfen und Stirnflächen der Kurbelwelle fertiggeschliffen. Eingesetzt werden dabei mindestens zwei entsprechend konturierte Schleifscheiben.

Damit ist aus dem Stand der Technik bekannt, daß zum einen die Kurbelwelle in mehreren Bearbeitungsstufen auf mehreren Schleifmaschinen hergestellt oder in einer Aufspannung fertiggeschliffen wird.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Schleifen von Kurbelwellen und eine Vorrichtung zu entwickeln, mit welchen Maß-, Form- und Bearbeitungstoleranzen der Kurbelwelle verbessert werden sowie die Bearbeitungszeit reduziert wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle mit den Merkmalen des Anspruches 1, mit einer Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruches 12 sowie durch eine Kurbelwelle aus hochlegiertem Stahl oder Gußwerkstoff mit den Merkmalen des Anspruches 19 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle sieht vor, daß deren Hublager und Hauptlager in einer Aufspannung derart geschliffen werden, daß zunächst zumindest die Hauptlager vorgeschliffen und anschließend die Hublager und danach die Hauptlager fertiggeschliffen werden. Nach einer beispielsweise spanenden Vorbearbeitung wird somit zur Erreichung einer geforderten Qualität in bezug auf vorgegebene Maß-, Form- und Lagetoleranzen die Kurbelwelle für mehrere Bearbeitungsstufen in einer Aufspannung vom Vorschleifen bis zum anschließenden Fertigschleifen auf Fertigmaß belassen. Zum einen wird auf diese Weise Zeit eingespart, die ansonsten zum Umrüsten der Maschine bzw. zum Ein- und Wiederausspannen der Kurbelwelle benötigt werden würde. Zum anderen gelingt es durch die beanspruchte Vorgehensweise des Schleifens, daß die während des Schleifens der Lager frei werdenden Spannungen im Material soweit kompensiert werden, daß nach der Bearbeitung ein Verzug der Kurbelwelle eliminiert ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, daß neben den Hauptlagern auch die Hublager vorgeschliffen werden. Vorteilhafterweise erfolgt das Vorschleifen der Hublager nach dem Vorschleifen der Hauptlager. Da Lagerstellen verschiedener Kurbelwellen zumeist unterschiedliche Formen aufweisen, wie beispielsweise mit seitlichen Radien oder Einstichen, gelingt es durch ein Vorschleifen der Kurbelwelle, wie oben aufgezeigt, den aus freiwirkenden Spannungen in der Kurbelwelle resultierenden Verzug am Fertigprodukt zu vermeiden. Beim Vor- wie Fertigschleifen können dabei die Planseiten mitgeschliffen werden, ohne daß nach dem Fertigschleifen die gewünschten Toleranzwerte überschritten werden.

Als besonders bevorzugtes Einsatzgebiet des Verfahrens sowie der Kurbelwellen-Schleifmaschine hat sich die Herstellung von Kurbelwellen aus vergütetem Stahl erwiesen. Bei einer vorhergehenden Wärmebehandlung besteht bei diesen eine besonders große Gefahr, daß sich aufgrund von während des Schleifvorganges freiwirkenden Spannungen im Werkstück sich die Kurbelwelle verzieht. Durch die beanspruchte Vorgehensweise wird dieser Verzug beim Fertigschleifen wieder eliminiert.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit einer einzigen Schleifscheibe erfolgt. Ein weiteres Verfahren sieht vor, daß das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit jeweils einer Schleifscheibe erfolgt. Dagegen erlaubt es die Verwendung einer Schleifscheibe zum Vorschleifen und einer Schleifscheibe zum Fertigschleifen, unterschiedliche Schleifscheibenspezifikationen und -abmessungen für die jeweils unterschiedliche Bearbeitung ausnutzen zu können. Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß die Hauptlager und die Hublager mit jeweils einer Schleifscheibe vor- und fertiggeschliffen werden. Hublager wie Hauptlager können unterschiedliche Bearbeitungstoleranzen aufweisen. Durch eine entsprechende Zuordnung von einer Schleifscheibe zu einer zu bearbeitenden Art von Lagern der Kurbelwelle ist es möglich, eine entsprechende Abstimmung der verwendeten Schleifscheibenspezifikation vornehmen zu können.

Es ist vorteilhaft, wenn mit einer CBN-Schleifscheibe geschliffen wird. Zum einen erlaubt diese hohe Schnittgeschwindigkeiten, zum anderen weist diese Scheibe nur einen geringen Verschleiß auf. Die Standzeit der Schleifscheibe und damit die Summe der möglichen Eingriffszeit erhöht sich damit beträchtlich. Weiterhin gestattet die CBN-Schleifscheibe, höchste Toleranzvorgaben einhalten zu können. Anstatt CBN-Schleifscheiben können aber auch Korundschleifscheiben zum Einsatz kommen.

Besonders gute Ergebnisse bezüglich einer Verbesserung von Toleranzen haben sich ergeben, wenn man eine CBN-Schleifscheibe mit einer Schnittgeschwindigkeit zwischen 40 m/sec und 140 m/sec, vorzugsweise zwischen 80 m/sec bis 120 m/sec einstellt und bei galvanischen CBN-Scheiben zwischen 80 m/sec und 200 m/sec, vorzugsweise zwischen 100 m/sec bis 140 m/sec. Desweiteren lassen sich auch Korundschleifscheiben in einem Bereich von vorzugsweise 35 m/sec bis 100 m/sec, insbesondere 45 m/sec bis 70 m/sec einsetzen. Diese Werte können leicht nach oben wie auch nach unten abweichen, zum Beispiel in Abhängigkeit von den Abmessungen der Kurbelwelle sowie der an dieser zu bearbeitenden Geometrien, von der genauen Zusammensetzung der Schleifscheibe, von der geforderten Oberflächenqualität etc.

Bei längeren Kurbelwellen tritt das Problem auf, daß bei der Bearbeitung die Kurbelwelle zum Schwingen neigt. Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird daher zur Unterdrückung von Schwingungen und zur Abstützung der Kurbelwelle gegen Biegung durch die Bearbeitungskräfte beim Vorschleifen der Hauptlager zumindest ein Hauptlager als Lünettensitz geschliffen. Auf diese Weise wird der nicht gelagerte Bereich der Kurbelwelle verkürzt. Weiterhin gestattet die Verwendung der Lünette ein Durchbiegen aufgrund des Eigengewichtes der Kurbelwelle in Verbindung mit der Rotation bei der Bearbeitung zu verhindern.

Insbesondere lange Kurbelwellen sind in einem Stück mit hohen Genauigkeitsanforderungen nach obigem Verfahren herstellbar, wie sie beispielsweise für PKW- und LKW-Motoren mit einer Länge von über 300 Millimeter benötigt werden. Andererseits eignet sich das obige Verfahren ebenso zur Herstellung von Kurbelwellen für beispielsweise Kleinmotoren, die eine Länge vom 100 Millimeter und mehr auf-

weisen.

Weiterhin stellt die Erfindung eine Kurbelwellen-Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einem Reitstock und einem Werkstückspindelstock zur Verfügung. Zwischen dem Reitstock und dem Werkstückspindelstock ist eine Kurbelwelle mit Hauptlagern und Hublagern zentrisch einspannbar. Weiterhin hat die Kurbelwellen-Schleifmaschine zumindest einen Schleifspindelstock und zumindest eine Schleifscheibe. Die Schleifmaschine bildet ein Bearbeitungszentrum, mittels welchem in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager der Kurbelwelle vorschleifbar und danach deren Hublager und anschließend deren Hauptlager mit der zumindest einen Schleifscheibe fertiggeschleifbar sind.

Die Kurbelwellen-Schleifmaschine ist deswegen ein Bearbeitungszentrum, da die Kurbelwelle zum Vor- und Fertigschleifen nicht aus- und in eine andere Maschine eingespant werden muß. Zum anderen stellt die Kurbelwellen-Schleifmaschine die für das Vor- und Fertigschleifen notwendigen Arbeitsmittel zur Verfügung. Weitere, von dem Bearbeitungszentrum getrennt vorhandene Arbeitsmittel werden nicht benötigt. Vorzugsweise wird als Schleifscheibe eine CBN-Scheibe eingesetzt. Diese erlaubt, mit hoher Genauigkeit geringe Bearbeitungszeiten zu ermöglichen.

Eine Weiterbildung der Kurbelwellen-Schleifmaschine sieht vor, daß an dem Schleifspindelstock eine erste und eine zweite Schleifscheibe angeordnet sind, wobei die Kurbelwelle mittels der ersten Schleifscheibe vorschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe fertiggeschleifbar ist. Auf diese Weise gestattet die Kurbelwellen-Schleifmaschine, daß zum einen verschiedene Schleifscheiben eingesetzt werden, zum anderen auch mit unterschiedlicher Schnitt- wie auch Verfahrensgeschwindigkeiten angepaßt an die jeweilige Schleifscheibe die Kurbelwelle herstellbar ist. Vorzugsweise ist die Kurbelwellen-Schleifmaschine so konstruiert, daß mittels der ersten Schleifscheibe die Hauptlager vor- und fertiggeschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe die Hublager vor- und fertiggeschleifbar sind. Auf diese Weise kann je nach geforderter Toleranzbreite die verwendete Schleifscheibe und deren Bearbeitungsvorgang genau abgestimmt werden. Dieses erlaubt, hohe Standzeiten der verwendeten Schleifscheiben bei hoher Bearbeitungsqualität zu erzielen.

Eine weitere Ausgestaltung der Kurbelwellen-Schleifmaschine sieht vor, daß zumindest zwei Spindelstöcke mit zumindest jeweils einer Schleifscheibe vorgesehen sind, wobei die Kurbelwelle mit beiden Schleifscheiben vor- und fertiggeschleifbar ist. Eine Weiterbildung dieser Ausgestaltung sieht vor, daß zwei Spindelstöcke auf einer Seite der Schleifmaschine und ein weiterer Spindelstock auf der dieser Seite gegenüberliegenden Seite der Schleifmaschine angeordnet sind und jeweils zumindest eine Schleifscheibe tragen. Dieses gestattet den gleichzeitigen Eingriff von verschiedenen Seiten an der Kurbelwelle. Dadurch läßt sich die Bearbeitungszeit weiter verkürzen. Je nach Länge der zu bearbeitenden Kurbelwelle ist die Kurbelwellen-Schleifmaschine auch entsprechend um weitere Spindelstöcke erweiterbar. Das Bearbeitungszentrum ist dafür modular aufgebaut, so daß an verschiedene Kurbelwellen angepaßt, die zum Einsatz kommenden Vorrichtungen wie Werkstückspindelstock, Reitstock, Schleifspindelstock etc. ausgewählt und eingebaut werden können.

Bei der Bearbeitung kann aufgrund des Eingriffes von einer oder mehr Schleifscheiben an der Kurbelwelle über deren Länge Torsion auftreten. Diese führt zu einer Lageabweichung von Teilen der Kurbelwellen während der Bearbeitung, was die Qualität der Bearbeitung vermindert. Es hat

sich herausgestellt, daß diese zwar geringen, aber für das zu erzielende Fertigmaß sich doch erheblich auswirkenden Torsionskräfte darüber kompensierbar sind, daß der Reitstock einen Antrieb aufweist, welcher elektrisch mit einem Antrieb des Werkstückspindelstockes so gekoppelt ist, daß beide Antriebe synchron laufen. Auftretende Schnittkräfte an der Kurbelwelle werden so aufgefangen, und eine Torsion über die Länge der Kurbelwelle vermieden.

Hohe Qualitätsanforderungen sind für eine Kurbelwelle aus Guß oder hochlegiertem Stahl bei Herstellung in dem Bearbeitungszentrum erreichbar, bei welcher in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager vor- und danach die Hublager und die Hauptlager fertiggeschliffen sind. Dies ist insbesondere bei einer Länge von mindestens 100 Millimeter, insbesondere mindestens 300 Millimeter der Kurbelwelle aufgrund der erzielten Toleranzgüten feststellbar. Eine Kurbelwelle, die in dieser Art hergestellt worden ist, weist insbesondere maximale Rundlauf toleranzen für die Hauptlager auf, die 0,01 mm und weniger betragen.

Das oben angesprochene Vorschleifen durch die Kurbelwellen-Schleifmaschine ist in zwei Varianten möglich:

1. Vorschleifen vom Rohteil auf ein Zwischenmaß zum Fertigschleifen, vorzugsweise mit einer galvanisch belegten CBN-Schleifscheibe und
2. Vorschleifen nach zuvor erfolgter spanender Bearbeitung am Lager auf ein Zwischenmaß und anschließend Fertigschleifen, wobei vorzugsweise eine keramisch gebundene CBN-Schleifscheibe eingesetzt wird.

Für das folgende, in der Zeichnungsbeschreibung beschriebene Bearbeitungsbeispiel wird das Vorschleifen wie unter Punkt 2 beschrieben, angewendet. Es kann jedoch durch unterschiedliche Kombination der Schleifscheiben- und Schleifscheibenanordnungen ebenfalls ein Vorschleifen, wie unter Punkt 1 aufgezeigt, verwirklicht werden. Nach dem Vorschleifen gemäß der Punkte 1, 2 wird die Kurbelwelle gemäß dem oben beschriebenen Verfahren fertiggeschliffen.

Die folgende Zeichnung zeigt die Erfindung anhand eines Beispiels und erläutert diese sowie weitere, vorteilhafte Merkmale, die mit den bisher schon erwähnten kombiniert werden können. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung einer eingespannten Kurbelwelle zur Verdeutlichung der Problematik der Erzielung hoher Qualität,

Fig. 2 ein Hauptlager mit seitlichen Einstichen gemäß Ausschnitt Y aus Fig. 1,

Fig. 3 ein Hublager mit seitlichen Radien und geschliffenen Flanken gemäß Ausschnitt W aus Fig. 1,

Fig. 4 einen Querschnitt einer ersten Lagerstelle,

Fig. 5 einen Querschnitt einer zweiten Lagerstelle,

Fig. 6 eine vereinfachte Draufsicht auf eine erste Kurbelwellen-Schleifmaschine,

Fig. 7 eine Ausgestaltung eines Schleifspindelstockes und

Fig. 8 eine vereinfachte Draufsicht auf eine zweite Kurbelwellen-Schleifmaschine.

Fig. 1 zeigt eine Darstellung einer eingespannten Kurbelwelle 1. Diese ist in einem Spannfutter 2 eingespannt, welches auf einer Werkstückspindel 3 eines nicht näher dargestellten Werkstückspindelstockes aufgefänscht ist. Im Zentrum des Spannfutters 2 befindet sich eine erste Spitze 4, auf der die Kurbelwelle 1 zentrisch ausgerichtet ist. Eine Radialmitnahme der Kurbelwelle 1 erfolgt durch Spannbacken 5 des Spannfutters 2, welche auf einem Außenumfang eines Flansches 6 der Kurbelwelle 1 spannen. Ein anderes Wellen-

ende der Kurbelwelle 1 ist durch eine zweite Spitze 7 eines Reitstockes 9 abgestützt. Die zweite Spitze 7 des Reitstockes 9 ist auf einer axial verschiebbaren Pinole 8 aufgesetzt. Der Reitstock 9 kann auch, wie hier allerdings nicht dargestellt, anstatt mit einer zweiten Spitze 7 mit einem weiteren Spannhalter wie am Werkstückspindelstock ausgestattet sein. Die Spannbacken dieses Spannhalters spannen dann auf einem Zapfenende 21 der Kurbelwelle 1. Die Kurbelwelle 1 kann unter leichtem Druck, drucklos oder auch unter axialem Zug eingespannt sein. Ein Antrieb der Kurbelwelle 1 erfolgt gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführung in der Art, daß die Kurbelwelle 1 um ein Hauptlager 11 zentrisch umlaufend durch die Werkstückspindel 3 mit dem Spannhalter 2 angetrieben wird. Der Antrieb ist als CNC-Achse ausgeführt, vgl. Pfeil C1. In einer erweiterten Ausführung kann auch der Reitstock 9 anstatt nur mit einer zweiten Spitze 7 mit einer angetriebenen Reitstockpinole (CNC-Achse C2) ausgestattet sein. Des weiteren ist eine Schleifspindel 30 mit einer Schleifscheibe 31 dargestellt. Die Schleifspindel 30 wird von einem nicht näher dargestellten Schleifspindelstockgehäuse aufgenommen, das in Richtung der Achse X mittels einer CNC-Achse verfahrbar ist. Der Werkstückspindelstock mit dem Spannhalter 2 und der Reitstock 9 sind auf einem nicht näher dargestellten Schleiftisch montiert, der in Richtung einer Z-Achse verfahrbar ist. Die Kurbelwelle 1 ist derart eingespannt, daß deren Mittelachse 13 exakt mit den Mittelachsen der Werkstückspindel 3 und der Reitstockpinole 8 fluchtet. Eine Abstützung der Kurbelwelle 1 erfolgt beispielsweise mittels einer Lünette 10, die auf dem Schleiftisch aufgebaut ist. Die Lünette 10 kann in axialer Richtung an einem vorbestimmten Hauptlager 11 angesetzt werden. Das Schleifen der Kurbelwelle 1 ist mit unterschiedlichen Varianten von Schleifspindelanstaltungen ausführbar, so daß unterschiedliche Kurbelwellen-Schleifmaschinen-Aufbauvarianten möglich sind. Einige Varianten gehen aus den nachfolgenden Fig. 6 bis 8 hervor.

Wie in Fig. 1 dargestellt, greift die Schleifscheibe 31 an der Kurbelwelle 1 ein. Besonders bei hochlegiertem Stahl, beispielsweise mit entsprechendem Anteil von Chrom, Molybdän und Vanadium oder auch einer entsprechenden Gußqualität, beispielsweise GGG 60/70/80, besteht die Gefahr, daß aufgrund der Bearbeitung ein Verzug an der Kurbelwelle 1 über ihre Länge auftritt. Dabei sind Abweichungen von bis zu 0,4 mm gemessen worden. Dementsprechend ist es nicht möglich gewesen, bei hochwertigen Werkstoffen, die bei der Bearbeitung äußerst verzugsanfällig sind, die geforderten hohen Qualitäten bezüglich vorgegebener Toleranzen einhalten zu können. Dadurch, daß nun zumindest die Hauptlager vor- und danach die Hublager und die Hauptlager fertiggeschliffen werden, sind die bei der Bearbeitung durch die freiwerdenden Spannungen so eliminierbar, daß der auftretende Verzug im nachfolgenden Arbeitsgang eliminiert wird und beispielsweise sogar Rundlauftoleranzen von 0,01 mm und weniger an den Hauptlagern eingehalten werden können. Die Rundlauftoleranz wird dabei vorzugsweise zwischen dem ersten und dem letzten Hauptlager gemessen. Sofern nur zwei Hauptlager vorhanden sind, wird die Rundlauftoleranz vorzugsweise durch Messung zwischen den beiden Spitzen ermittelt. Die Einhaltung einer maximalen Rundlauftoleranz ist insbesondere daher wichtig, da aufgrund der Lagerung im Motor dort nur kleine Toleranzen zulässig sind. Toleranzen am Hublager in Bezug auf die Hubhöhe können jedoch gegebenenfalls größer ausfallen, da diese im Motor lediglich die Lage des oberen Totpunktes und des unteren Totpunktes bestimmen.

Bei der Auswahl des Materials der Kurbelwelle ist weiterhin zu beachten, daß unter anderem davon wie auch von

dem Härteverfahren der Kurbelwelle es abhängig ist, ob das Vor- und Fertigschleifen der Hublager in einem einzigen Arbeitsschritt erfolgt. Dabei ist zu beachten, daß insbesondere bei Gußwellen geringere Spannungen und daraus resultierender Verzug auftreten.

Fig. 2 zeigt ein Hauptlager 11 mit seitlichen Einstichen gemäß eines Ausschnittes Y aus Fig. 1. Dargestellt wird anhand des Hauptlagers 11 der Kurbelwelle 1, wie mit dem Verfahren bzw. der Kurbelwellen-Schleifmaschine auch bisher schon bekannte Konturen erzielt werden können. Die seitlichen Einstiche rühren von der spanenden Vorbearbeitung. Ein Rohmaß der Kurbelwelle 1 wird durch eine strichpunktierte Linie 203 dargestellt. Beim Vorschleifen mit einer Schleifscheibe 104, die einen Schleifbelag 205 aufweist, wird auf ein Vormaß 202 vorgeschliffen. Das Vormaß 202 ist im Durchmesser größer als das zu erzielende Fertigmaß. Dieses ist mit einer Kontur 201 für das Hauptlager 11 eingezeichnet.

Die beiden Planseiten 206 des Hauptlagers 11 der Kurbelwelle 1 werden bei diesem Anwendungsbeispiel nicht mitgeschliffen.

Fig. 3 zeigt ein Hublager 12 mit seitlichen Radien und geschliffenen Flanken gemäß Ausschnitt W aus Fig. 1. Das Hublager 12 weist seitliche Radien auf, die ebenso wie eine niedrige Planschulter vorgeschliffen werden. Beim Fertigschleifen wird der Radius nicht mehr komplett mitgeschliffen, da er nicht in der Lagerschale des Motorgehäuses bei eingebauter Kurbelwelle 1 anliegt. Die in den Fig. 2 und 3 dargestellten Lager können gleichermaßen auch umgekehrt für ein Hublager bzw. Hauptlager ausgeführt werden.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt einer Lagerstelle der Kurbelwelle 1. Dieses ist vorzugsweise ein Hublager, wobei die Lagerstelle komplett mit den seitlichen Radien und den dazugehörigen Planseiten geschliffen wird.

Fig. 5 zeigt einen weiteren Querschnitt einer Lagerstelle. Eine strichpunktierte Mittellinie stellt eine Mantellinie eines Zylinders dar. Dazu um wenige Mikrometer verschoben, weist die Lagerauflfläche eine ballige Form auf, angedeutet durch die gestrichelte Linie. Die durchgezogene Linie zeigt eine entgegengesetzte Form der Lagerauflfläche. Diese weist in ihrem maximalen Abstand zur Mittellinie der Mantellinie ebenfalls nur einige wenige Mikrometer auf. Eine derartige konvexe bzw. konkave Form ist über eine entsprechende Abrichtung des entsprechend des oben dargestellten Verfahrens eingesetzten Schleifscheibe herstellbar.

Um bestmögliche Ergebnisse in Bezug auf die Qualität zu erreichen, sind mehrere Varianten gemäß des Verfahrens zum Schleifen der Haupt- und Hublager möglich: beispielsweise werden zuerst alle Hauptlager inklusive dem Lünettenstift vorgeschliffen. Anschließend werden mit der gleichen oder einer zweiten Schleifscheibe die Hublager vorgeschliffen. Nach dem Vorschleifen der Hublager werden diese dann auf Fertigmaß fertiggeschliffen und anschließend die Hauptlager fertiggeschliffen. Das Vor- und Fertigschleifen der Hublager kann je nach Kurbelwellentyp auch in einem Arbeitsgang erfolgen. Allen Varianten gemein ist es, daß unabhängig von der jeweils gewählten Kurbelwellen-Schleifmaschine alle Haupt- und Hublager der Kurbelwelle in einer Aufspannung auf Vor- bzw. Fertigmaß bearbeitet werden.

Fig. 6 zeigt eine vereinfachte Draufsicht auf eine erste Kurbelwellen-Schleifmaschine 43. Auf einem Maschinenbett sind auf einem nicht dargestellten Schleiftisch ein Werkstückspindelstock 40 und der Reitstock 9 montiert. Der Schleiftisch ist in an sich bekannter Weise in Richtung der CNC-Achse z verfahrbar. Ein Schleifspindelstock 42 dient zur Aufnahme einer Schleifspindel 30, die eine Schleifscheibe aufnimmt. Der Schleifspindelstock 42 ist auf einer

Führung, die in Richtung der x-Achse verfahrbar ist, angeordnet. Die CNC-Achsrichtungen X und Z sind vorzugsweise rechtwinklig zueinander angeordnet. Das dargestellte Bearbeitungszentrum ermöglicht, daß eine einmal aufgespannte Kurbelwelle 1 gemäß dem oben beschriebenen Verfahren vor- und fertiggeschliffen wird, ohne daß ein Umspannen notwendig ist. Dadurch gelingt die Einhaltung auch geringer Toleranzfelder.

Fig. 7 zeigt eine Ausgestaltung eines Schleifspindelstockes 36. Der Schleifspindelstock 36 hat eine erste Schleifspindel I und eine zweite Schleifspindel II. Diese sind in einem Schleifspindelstockgehäuse aufgenommen und können dadurch in einer horizontalen Richtung verschwenkt werden. Zum einen gestattet dies, daß wahlweise die erste Schleifspindel I oder die zweite Schleifspindel II eingesetzt wird. Zum anderen erlaubt dies auch, daß eine erste Spindel 32 gegenüber einer zweiten Spindel 34 unterschiedlich ausgeführt sein kann. Beispielsweise sind damit unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche konstruktiv vorgebar. Weiterhin erlaubt der Schleifspindelstock 36, daß unterschiedliche Schleifscheiben eingesetzt werden können. Beispielsweise kann eine erste Schleifscheibe 33 eine Korundscheibe sein, während eine zweite Schleifscheibe 35 eine CBN-Scheibe ist. Ebenfalls gestattet die Konstruktion des Schleifspindelstockes 36, daß unterschiedliche Durchmesser von Schleifscheiben an einem Schleifspindelstock verwendet werden. Bei entsprechender räumlicher Aufteilung der Konstruktion erlaubt es der Schleifspindelstock 36 auch, daß eine Schleifscheibe sich im Eingriff an der Kurbelwelle befindet, während die andere Schleifscheibe frei ist. Dazu ist der Schleifspindelstock 36 horizontal verschwenkbar. Neben unterschiedlichen Abmessungen bzw. unterschiedlichen Materialien können die Schleifscheiben sich außerdem auch bezüglich ihrer zu erzielenden Qualität unterscheiden. So kann die eine eine Schrappscheibe sein, während die andere ein Schlichtscheibe ist.

Fig. 8 zeigt eine zweite Kurbelwellen-Schleifmaschine 44. Diese verwirklicht ein Maschinenkonzept, bei dem das Bearbeitungszentrum zwei Schleifspindelstöcke aufweist. Jeder Schleifspindelstock hat voneinander unabhängige CNC-Achsen X und Z. Das bedeutet, die jeweilige Schleifscheibe eines Schleifspindelstockes kann unabhängig von der anderen an einer unterschiedlichen Lagerstelle der Kurbelwelle gemäß eines CNC-Programmes eingesetzt werden. Dieses Maschinenkonzept ist um weitere Schleifspindelstöcke erweiterbar. Insbesondere zur Raumaussnutzung ist es vorteilhaft, wenn den beiden Schleifspindelstöcken beispielsweise von beiden gegenüber entgegengesetzt ein zusätzlicher Schleifspindelstock angeordnet wird. Eine derartige Anordnung bei gleichzeitigem Eingriff hat den Vorteil, daß an der Kurbelwelle entgegengesetzt angreifende Kräfte sich gegenseitig aufheben. Die räumliche Ausgestaltung des Bearbeitungszentrums ist auch so nutzbar, daß einem Schleifspindelstock auf einer Seite der Kurbelwelle ein Schleifspindelstock auf einer entgegengesetzten Seite der Kurbelwelle direkt gegenüberliegt.

Bezugszeichenliste

- 1 Kurbelwelle
- 2 Spannfutter
- 3 Werkzeugspindel
- 4 erste Spitze
- 5 Spannbacken
- 6 Flansch
- 7 zweite Spitze
- 8 Pinole
- 9 Reitstock

- 10 Lünette
- 11 Hauptlager
- 12 Hublager
- 13 Mittelachse
- 21 Zapfenende
- 30 Schleifspindel
- 31 Schleifscheibe
- 32 erste Spindel
- 33 erste Schleifscheibe
- 34 zweite Spindel
- 35 zweite Schleifscheibe
- 36 Schleifspindelstock
- 40 Werkstückspindelstock
- 41 Maschinenbett
- 42 Schleifspindelstock
- 43 erste Kurbelwellen-Schleifmaschine
- 44 zweite Kurbelwellen-Schleifmaschine
- 201 Kontur
- 202 Vormaß
- 203 Rohmaß
- 204 Schleifscheibe
- 205 Schleitbelag
- 206 Planseite
- I erste Schleifspindel
- II zweite Schleifspindel
- C1 Antrieb der CNC-Achse der Werkzeugspindel
- C2 Antrieb der CNC-Achse der Reitstockspindel
- X CNC-Achse
- Z CNC-Achse

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen einer zentrisch eingespannten Kurbelwelle (1) (1), deren Hublager (12) und Hauptlager (11) in einer Aufspannung derart geschliffen werden, daß zunächst zumindest die Hauptlager (11) vorgeschliffen und anschließend die Hublager (12) und danach die Hauptlager (11) fertiggeschliffen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem auch die Hublager (12) vorgeschliffen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem die Hublager (12) nach dem Vorschleifen der Hauptlager (11) vorgeschliffen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit einer einzigen Schleifscheibe (31; 204) erfolgen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem das Vorschleifen und das Fertigschleifen mit jeweils einer Schleifscheibe (31; 204) erfolgen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem zumindest die Hauptlager (11) und die Hublager (12) mit jeweils einer Schleifscheibe (31; 204) vor- und fertiggeschliffen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei welchem mit einer Korund-Scheibe geschliffen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei welchem mit einer CBN-Scheibe geschliffen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem die Schnittgeschwindigkeit der Korund-Scheibe im Bereich von 35 m/sec bis 100 m/sec, vorzugsweise 45 m/sec bis 100 m/sec, insbesondere 45 m/sec bis 70 m/sec liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die Schnittgeschwindigkeit für keramische CBN-Scheiben bei 40 m/sec bis 140 m/sec, insbesondere 80 m/sec bis 120 m/sec, und bei galvanischen CBN-Scheiben bei 80 m/sec bis 200 m/sec, insbesondere 100 m/sec bis

140 m/sec liegt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei welchem beim Vorschleifen der Hauptlager (11) zumindest ein Hauptlager (11) als Lünnettensitz (10) geschliffen wird.

12. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einem Reitstock (9) und einem Werkstückspindelstock (40), zwischen welchen eine Kurbelwelle (1) mit Hauptlagern (11) und Hublagern (12) zentrisch einspannbar ist, mit zumindest einem Schleifspindelstock (36) und zumindest einer Schleifscheibe (31; 204), dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifmaschine (43; 44) ein Bearbeitungszentrum bildet, mittels welchem in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager (11) der Kurbelwelle (1) vorschleifbar und danach deren Hublager (12) und anschließend deren Hauptlager (11) mit der zumindest einen Schleifscheibe (31; 204) fertiggeschleifbar sind.

13. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifscheibe (31; 204) eine CBN-Scheibe ist.

14. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Schleifspindelstock (36) eine erste (33) und eine zweite Schleifscheibe (35) angeordnet sind, wobei die Kurbelwelle (1) mittels der ersten Schleifscheibe (33) vorschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe (35) fertiggeschleifbar ist.

15. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der ersten Schleifscheibe (33) die Hauptlager (11) vor- und fertiggeschleifbar und mittels der zweiten Schleifscheibe (35) die Hublager (12) vor- und fertiggeschleifbar sind.

16. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Spindelstöcke mit zumindest jeweils einer Schleifscheibe vorgesehen sind, wobei die Kurbelwelle (1) mit der einen der Schleifscheiben vorschleifbar und mit der anderen der Schleifscheiben fertiggeschleifbar ist.

17. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Spindelstöcke auf einer Seite der Schleifmaschine und ein weiterer Spindelstock auf der dieser Seite gegenüberliegenden Seite der Schleifmaschine angeordnet sind und jeweils zumindest eine Schleifscheibe tragen.

18. Kurbelwellen-Schleifmaschine (43; 44) nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Reitstock (9) einen Antrieb (C2) aufweist, welcher elektrisch mit einem Antrieb (C1) des Werkstückspindelstockes (40) so gekoppelt ist, daß beide Antriebe (C1, C2) synchron laufen.

19. Kurbelwelle (1) aus hochlegiertem Stahl oder Gußwerkstoff, bei welcher in einer einzigen Aufspannung zumindest die Hauptlager (11) vor- und danach die Hublager (12) und die Hauptlager (11) fertiggeschliffen sind.

20. Kurbelwelle (1) nach Anspruch 19, welche eine Länge von mindestens 100 mm aufweist.

21. Kurbelwelle (1) nach Anspruch 19 oder 20, bei welcher die Hauptlager (11) eine maximale Rundlauf-toleranz von 0,01 mm aufweisen.

Fig. 1

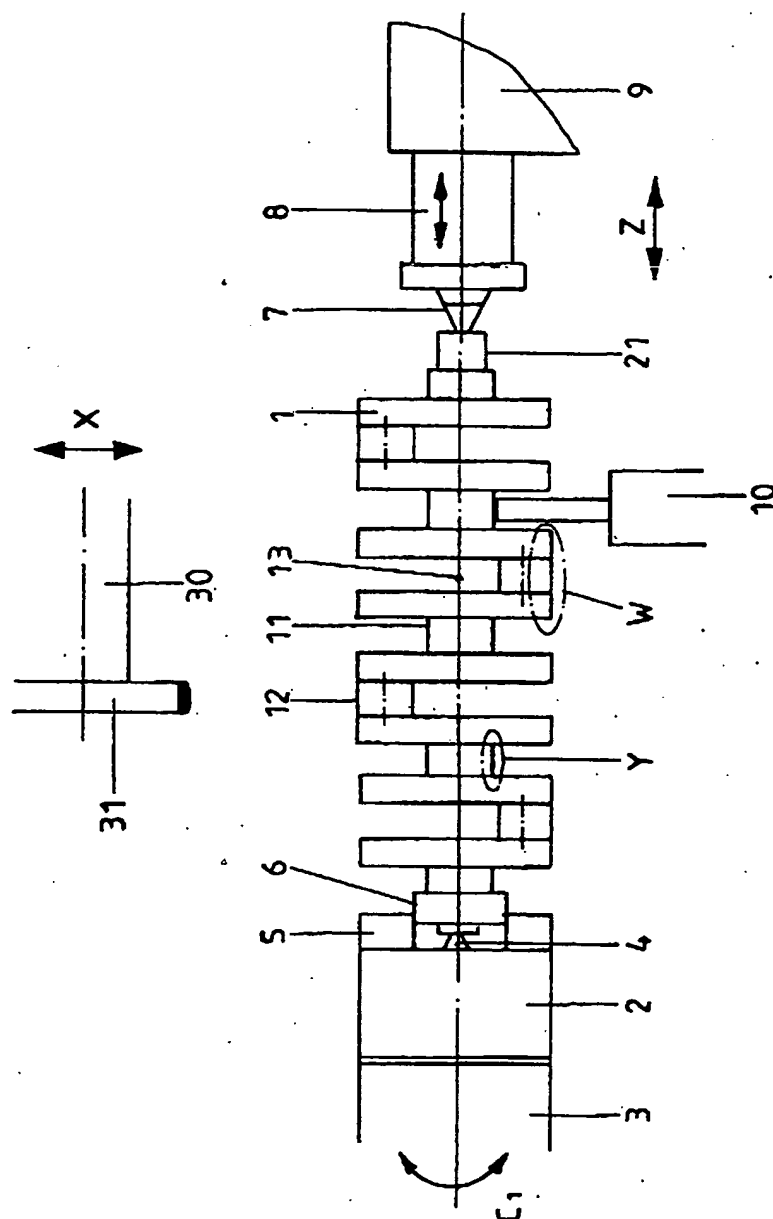


Fig. 2

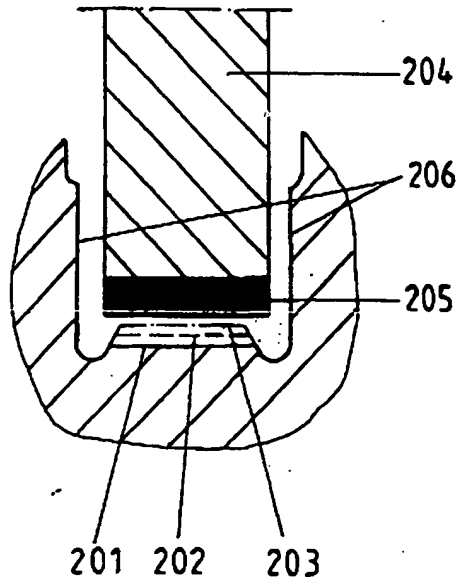


Fig. 4

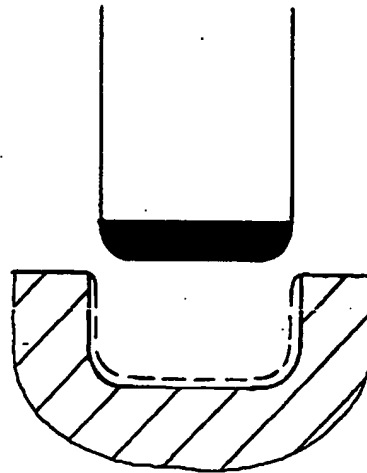


Fig. 3

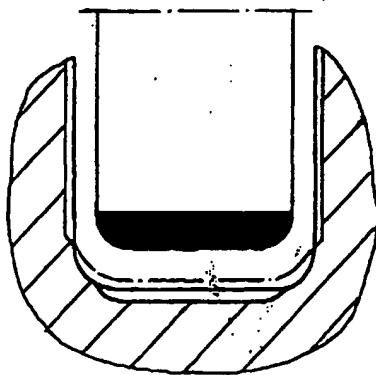


Fig. 5

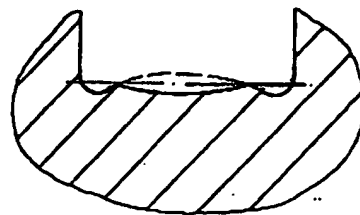


Fig.6

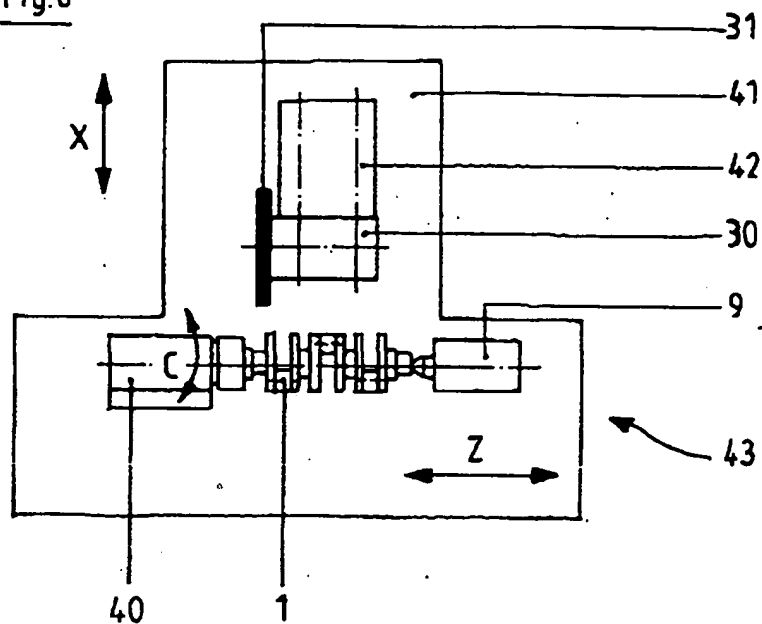


Fig.7

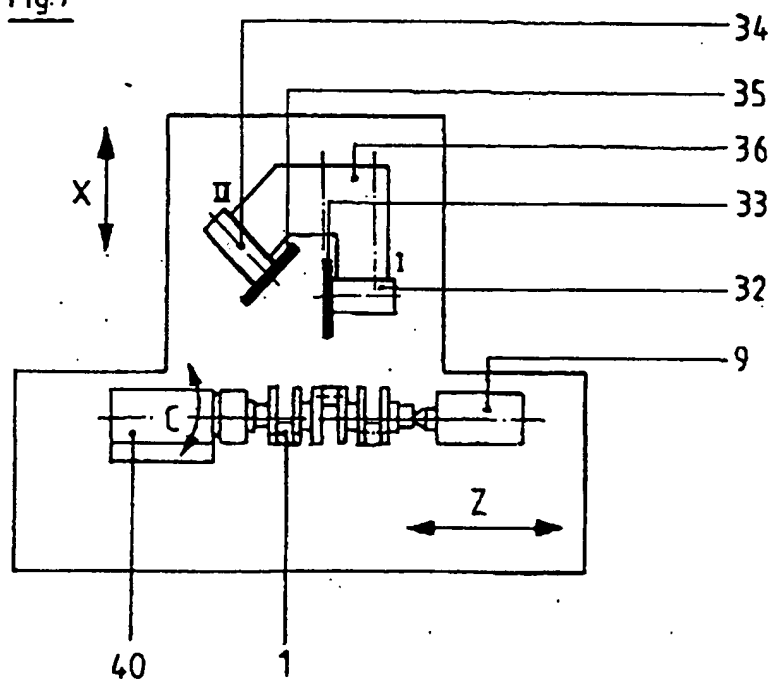


Fig. 8

